

@LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA  
ISSN 1692-7125. Volumen 8, No. 2, p. 5-15, año 2010  
Facultad de Ingenierías y Arquitectura  
Universidad de Pamplona



## Uso de tecnologías de obstáculos en la conservación de mango (*Mangifera indica* L.) precortado variedad Tommy atkins

### Using hurdle technologies in conserving precut mango (*Mangifera indica* L.) variety Tommy Atkins

Pacheco P. Paola P.<sup>1</sup>, Trujillo N. Yanine<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Departamento de alimentos, Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander; Colombia.

<sup>2</sup>Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Grupo de Investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos, Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Recibido 27 de Enero 2010; aceptado 1 de Marzo 2010

#### RESUMEN

La presente investigación persigue establecer el método que permita conservar la calidad del mango verde (*Mangifera indica* L) variedad tommy atkins, por medio de la aplicación de tecnologías de obstáculos. Para ello, se aplicaron barreras de temperaturas bajas y control en el pH, acidez, mediante la utilización de desinfectantes clorados (hipoclorito de sodio a 100ppm), ácidos orgánicos (ácido cítrico y ascórbico al 1 y 0.5%), retenedores de firmeza (cloruro de calcio al 1%) y humectantes (sorbitol). El proceso consistió en selección y clasificación, limpieza y desinfección, pelado, troceado, aplicación de tratamientos por inmersión a temperatura ambiente a condiciones normales e impregnación al vacío por tiempo de 10 minutos; posteriormente se realizó el escurrido, envasado y almacenado en refrigeración ( $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; 62%HR). El efecto de la aplicación de estas barreras se evaluó según los cambios generados en las propiedades físicas (firmeza, peso y color), químicas (SST, pH y acidez), fisiológicas (respiración y transpiración) y en la flora microbiana (mesófilos, psicrótrofos y mohos) del mango variedad

\*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: yaninetrujillo@unipamplona.edu.co

.....

tommy atkins, en seguimiento durante los días 0, 3, 5, 7 y 10. Los resultados obtenidos indican que el tratamiento empleado (ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 0.5%, cloruro de calcio 1% e inmersión en sorbitol por 10 minutos) permite la conservación del mango precortado por tiempo de 7 días aproximadamente en las condiciones utilizadas, donde la firmeza, SST, color, humedad y respiración son los parámetros que mayor influencia tienen en la limitación de la vida útil de la fruta.

**Palabras clave:** conservación, mango biche, mínimo procesado, tecnologías de obstáculos.

## ABSTRACT

---

*This research aims to establish the method that allows preserving the quality of the Tommy Atkins green mango (*Mangifera indica* L) through the application of hurdle technologies. For this, low temperature barriers were applied and control of the pH and the acidity, using chlorine disinfectants (hypochlorite to 100ppm), organic acids (citric and ascorbic acid at 1 and 0.5%) to firmness retainers (calcium chloride at 1%) and wetting agents (sorbitol). The process consisted on sorting and grading, cleaning and disinfecting, peeling and chopping, application of dipped treatment at room temperature under normal conditions and vacuum impregnation for 10 minutes; later it was drained, packaged and stored under refrigeration ( $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , 62%RH). The effect of the application of these barriers was evaluated according to the changes generated in the physical properties (strength, weight and color), chemical (TSS, pH and acidity), physiological (respiration and transpiration) and the microbial flora (mesophilic, psychrotrophic and molds) of the Tommy Atkins mango, monitored during 0, 3, 5, 7 and 10 days. The obtained results indicated that the used treatment (1% citric acid, 0.5% ascorbic acid, 1% calcium chloride and sorbitol immersion by 10 minutes) enables the conservation of the precut mango for approximately 7 days under the used conditions, where firmness, SST, color, moisture and respiration are the parameters having the greatest influence on the limitation of the useful life of the fruit.*

**Keywords:** conservation, green mango, minimal processing, hurdle technologies.

## INTRODUCCIÓN

Las principales formas de conservar las frutas son: mínimamente procesadas, enlatadas, congeladas, deshidratadas, irradiadas, cristalizadas y deshidratadas osmóticamente o sometidas a altas presiones, entre otras (James, 1995).

Los mangos deben ser madurados, al menos parcialmente (cerca al estado de consumo) antes del corte para asegurar la mejor calidad del sabor del producto precortado. Referente a ello Limbanyen *et al.*, (1998) reportaron que mangos Tommy atkins, haden y palmer con color de la pulpa amarilla (sin color verde remanente), presentaron la óptima madurez para el proceso de precorte en términos de mantenimiento de apariencia aceptable, textura y sabor, ya que fruta más madura desarrolló ablandamiento de la pulpa y más oscurecimiento. Ellos determinaron que la vida útil de mango precortado a 5°C fue de 8 a 10 días y estuvo limitada por el oscurecimiento y ablandamiento de la pulpa. Sin embargo, Allong *et al.*, (2000) encontraron que mangos parcialmente maduros (13-16% sólidos solubles) son ideales para precortar en término de mantenimiento de una aceptable apariencia, textura y sabor durante la vida poscorte a 5°C. En la variedad tommy atkins, DeSouza *et al.*, (2005) concluyeron que esta variedad precortada tuvieron una vida en anaquel de 10 días a 3°C. Ellos también encontraron que los mangos naturalmente madurados presentaron el mejor sabor y preferencia del consumidor, al compararse con mangos verdes maduros que fueron madurados con etileno por 12 horas a 25-30°C antes del corte.

La desinfección se ha demostrado que es una de las etapas fundamentales para la reducción de la carga microbiana en los productos

precortados. Como lo reportaron Ngarmsak *et al.*, (2005), en el lavado de mangos Chok Anun enteros en agua clorada (100 ppm) a temperaturas calientes (50°C) o frías (12°C) por 5 minutos, donde se redujo significativamente la población total microbiana en las rebanadas de mango preparadas de la fruta hasta después de 7 días a 5°C.

La etapa de pelado se debe realizar de forma manual preferiblemente y con un cuchillo de bordes filosos, ya que así se reduce el oscurecimiento de los tejidos, tal y como lo reportó Gil *et al.*, (2006). Se concluyó que el pelado y el corte de la pulpa manualmente pueden generar menos daño que el pelado y corte mecánico si elafilamiento de las herramientas de corte es similar, pero este último, posiblemente va a ser más consistente en la severidad del daño a la fruta.

Otro factor a tener en cuenta es el ablandamiento de las frutas precortadas; para ello se recomienda la inmersión en cloruro de calcio al 1% (Chantanawarangoon, 2000) y al 3,5% (p/p) a 35°C por tiempo de 2 minutos en empaque de atmosferas modificadas activas (5% oxígeno + 5% dióxido de carbono) para cubos de mangos precortados variedad tommy atkins, ya que bajo estas condiciones el tiempo de vida en anaquel fue de 5 días a 5°C Trindade *et al.*, (2003).

Para la elección del empaque se ha concluido que el PET conserva mejor las características de producto. Donadon *et al.*, (2004) comparó 3 tipos de films poliméricos para el empaque de trozos de mango y encontró que aquellos empacados en bandejas de tereftalato de polietileno (más conocido en inglés como polyethylene terephthalate. PET) tuvieron una

vida en anaquel de 14 días a 3°C frente a 11 días para el mango en otros tipos de empaque; que además concuerda con lo reportado por Singh *et al.*, (2007) y Chonhenchob *et al.*, (2007) quienes concluyeron que la vida en anaquel de mangos precortados puede ser extendida empacando en contenedores PET debido a la reducción de oxígeno y aumento en la concentración de dióxido de carbono.

En cuanto a la temperatura de almacenamiento, como se ha reportado en las investigaciones citadas, la más recomendada es de 5°C, tal y como lo sugiere Dea *et al.*, (2008) quienes encontraron que la vida en anaquel de mangos Keut precortados fue de 5 a 6 días a 5°C frente a los 3 a 4 días a 12°C, pero fue poco claro si este periodo de almacenamiento a 5°C causó daño por frío en trozos de mango precortado debido a que no se notaron síntomas.

Los antioxidantes más empleados en el procesado mínimo de mangos han sido el ácido ascórbico, cítrico y L-cisteína. Chantanawarangoon (2000) reportó en el día 12 de almacenamiento, que los cubos de mango tratados con 1% CaCb + 1% ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína. 1% CaCl<sub>2</sub> + 1% ácido cítrico + 0.5% N-acetilcisteína o 1% CaCb + 1% ácido ascórbico tuvieron más alta calidad visual que aquellos inmersos en agua. Estos resultados mostraron que 1% CaCl<sub>2</sub> es esencial para el mantenimiento de la firmeza de cubos de mango precortados. Pero considerando el costo y la disponibilidad de químicos de grado alimenticio, ácido ascórbico es comparable al ácido cítrico y L-cisteína es menos caro y más disponible que N-acetilcisteína, por lo tanto la mezcla de ácido ascórbico y L-cisteína en adición al 1% de CaCl<sub>2</sub> podría ser la mejor alternativa para mantener la calidad de cubos de mango precortado.

Por otra parte, Gonzalez-Aguillar *et al.*, (2008) reportaron que combinaciones de cloruro de calcio, antioxidantes (ácido ascórbico, ácido cítrico) y dos filmes o coberturas comerciales resultaron en una reducción de oscurecimiento y deterioro de mangos Keitt, Kent y Ataúlfo precortados y almacenados a 5°C; se concluyó que la vida en anaquel de mangos Ataúlfo precortados fue de 21 días mientras que mangos Keitt y Kent precortados fue sólo de 9 y 12 días, respectivamente. Los autores relacionaron esta diferencia a una mejor respuesta de los mangos Ataúlfo a los antioxidantes en comparación con Keitt y Kent.

Todos estos tratamientos pueden ser empleados en solitario o en combinación (tecnologías de obstáculos) con el fin de lograr una conservación en el producto hortofrutícola. Las tecnologías de «obstáculos» (también llamadas métodos combinados, procesos combinados, conservación por combinación, técnicas combinadas o conservación multi-blanco) conservan los alimentos mediante la aplicación de factores de estrés en combinación. La combinación deliberada e inteligente de los tratamientos para asegurar la estabilidad, inocuidad y calidad de los alimentos es un método muy efectivo para vencer las respuestas homeostáticas microbianas y al mismo tiempo retener las características nutricionales y sensoriales deseadas (Gould, 1995 a, b; Leitsner, 2000; Leitsner y Gould, 2002).

El objetivo de esta investigación fue establecer la tecnología de obstáculo y el método de aplicación que mejor conserven las características físicas, químicas, fisiológicas y condiciones microbiológicas del mango precortado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron mangos variedad Tommy Atkins en estado verde, seleccionándolos con la mayor homogeneidad posible en este aspecto. Los mangos previamente desinfectados con hipoclorito de sodio a 100 ppm por 10 minutos, se pelaron y trocearon manualmente, en cubos de 2x2x2 cm.

### ***Evaluación del efecto del uso de tecnologías de obstáculos en la conservación del mango precortado (*Mangifera indica* L) variedad Tommy Atkins***

Se prepararon 8 soluciones; los antioxidantes utilizados para dichas soluciones fueron: ácido cítrico 1 %, ácido cítrico 0.5 %, ácido ascórbico 1 %, ácido ascórbico 0.5 %, y sus mezclas. Los mangos empleados fueron troceados con  $2 \pm 1$  hora de anticipación (tabla 1).

Tabla 1

Especificación de tratamientos con antioxidantes empleados en las muestras de mango Tommy Atkins precortado.

Tratamiento	Nomenclatura
Acido cítrico 1%	TA
Acido ascórbico 1%	TB
Acido cítrico 0,5%	TC
Acido ascórbico 0,5%	TD
Acido cítrico 1% - Acido ascórbico 0,5%	TE
Acido cítrico 1% - Acido ascórbico 1%	TF
Acido cítrico 0,5% - Acido ascórbico 1%	TG
Acido cítrico 0,5% - Acido ascórbico 0,5%	TH
Patrón	Patrón

Los cubos de mango se dividieron en 8 lotes, los cuales sumergieron cada uno en su respectiva solución por tiempo de 5 minutos (w/w 1:2). Posteriormente, se realizó un secado por 1 minuto. Los lotes se dividieron en 4 grupos de  $150 \pm 10$  g cada uno y se envasaron en termoformados de PET. Además se envasó

una muestra patrón para evaluarla en los días de análisis. Las muestras se almacenaron en refrigeración a  $7 \pm 2$  °C y 62 %HR. Los días de análisis fueron 0, 3, 5, 7 y 10, donde las pruebas fisicoquímicas se realizaron cada una por triplicado, a excepción de la humedad.

### ***Efecto del uso de antioxidantes en las propiedades fisicoquímicas de mango precortado variedad Tommy Atkins***

Las siguientes características físicas y químicas se realizaron en los días de análisis 0, 3, 5, 7 y 10.

#### ***Color***

Se realizó con un espectrofotocolorímetro X-RITE, con un espacio de color CIE  $L^*a^*b^*$ , donde  $L^*$  es la luminosidad (0: negro; 100: blanco),  $a^*$  indica la cantidad de componente rojo-verde en el color medido del mango, para valores positivos y negativos respectivamente, y  $b^*$  representa los componentes de tonalidades amarillo-azul para valores positivos y negativos respectivamente. Se empleó un observador de 10° e iluminante D65. (Trujillo *et al.*, 2005).

#### ***Firmeza***

Para esta propiedad se empleó un texturómetro TA-X plus Lloyd con el software NEXIGEN para la adquisición de datos. Para la evaluación de la firmeza se usó como aditamento un punzón con terminación plana. Los parámetros fueron los siguientes: presión límite de 5 mm, velocidad 5 mm/s, fuerza trigger 0.1 Kgf, fuerza inicial 0.5 N, ruptura de 10 % y detector de ruptura 10 N y fuerza de penetración con prueba de 11 mm.

## ***Apariencia***

La apariencia se realizó por observación directa, donde se evaluaron parámetros como olor, sabor y aspecto acuoso de la superficie.

## ***Determinación de pH***

Se determinó por potenciometría por medio de un pH-metro SCHOTT. La medida se realizó según lo descrito por la norma AOAC (1994). Para ello se realizó una mezcla en relación 1:1 de agua destilada y el mango precortado.

## ***Determinación de la acidez titulable***

Se realizó por el método descrito en la Norma AOAC (1994). La acidez del mango se expresó en porcentaje de ácido cítrico.

## ***Determinación del contenido de humedad***

Se determinó con una balanza OHAUS MB-45; se tomaron alrededor de 3 gramos de la muestra, y se efectuó la medida a 110 °C por 50 minutos.

## ***Determinación de sólidos solubles***

Fue valorado a partir de una muestra de mango sobre un refractómetro digital ABBE ATAGO 89553 de Zeiss calibrado a 20 °C realizando la lectura en una escala de grados Brix.

## ***Elección del tiempo de inmersión en humectante y concentración del mejorador de firmeza***

La determinación de la concentración adecuada, de mejorador de firmeza y tiempo de inmersión para el humectante, se realizó preparando 4 soluciones, combinando dos

(2) agentes. El mejorador de firmeza utilizado fue cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) al 1 y 3 %, y los tiempos de inmersión en el humectante sorbitol fueron 5 y 10 minutos. Asimismo, se adicionaron los antioxidantes en las concentraciones determinadas anteriormente. Los mangos empleados fueron troceados con  $2 \pm 1$  hora de anticipación. Los cubos de mango se dividieron en 4 lotes de 600 g aproximadamente; luego los lotes se sumergieron cada uno en su respectiva solución (w/w 1:2), donde el tiempo se determinó por la exposición mencionada en el agente humectante. Posteriormente, se realizó un secado por 1 minuto, tras el cual los lotes se dividieron en 4 grupos de  $150 \pm 10$  g cada uno, y fueron envasados en termoformados de PET y codificados como se describe en la tabla 4. Además se envasó una muestra patrón para evaluarla en los días de análisis 0, 3, 5, 7 y 10. Las muestras se almacenaron en refrigeración a  $7 \pm 2$  °C y 62 %HR. Los días de análisis fueron 0, 3, 5, 7 y 10, donde las pruebas fisicoquímicas se realizaron cada una por triplicado, a excepción de la humedad.

Tabla 2

Especificación de tratamientos con antioxidantes, cloruro de calcio y sorbitol empleados en las muestras de mango Tommy Atkins precortado

Tratamiento	Nomenclatura
Acido cítrico 1% + Acido ascórbico 0,5% + Cloruro de calcio 1% + Sorbitol por 5 minutos	TA
Acido cítrico 1% + Acido ascórbico 0,5% + Cloruro de calcio 3% + Sorbitol por 5 minutos	TB
Acido cítrico 1% + Acido ascórbico 0,5% + Cloruro de calcio 1% + Sorbitol por 10 minutos	TC
Acido cítrico 1% + Acido ascórbico 0,5% + Cloruro de calcio 3% + Sorbitol por 10 minutos	TD
Patrón	Patrón

Se realizó un seguimiento a las características fisicoquímicas descritas anteriormente, incluyéndose en este caso la transpiración.

## Análisis estadísticos

Todos los resultados obtenidos se analizaron empleando un paquete estadístico SPSS para Windows en su versión 17.0, empleando el método de comparación de medias ANOVA de un factor, análisis poshoc DMS y los

estadísticos descriptivos. Esto con el fin de establecer el tratamiento de tecnologías de obstáculos que permite conservar, por mayor tiempo, las propiedades físicas, químicas y fisiológicas, así como la reducción o control de la carga microbiana del mango verde precortado variedad Tommy Atkins.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tendencia de las propiedades químicas de los cubos de mango verde Tommy Atkins tratados con antioxidantes en solitario se muestran en la tabla 3. A medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, la acidez disminuyó, lo cual coincidió con el aumento en el pH y los sólidos solubles totales en las muestras evaluadas, independientemente del tratamiento empleado. Este comportamiento ya ha sido observado por otros investigadores en mangos Keitt (Castro *et al.*, 2003).

cubos de mango aumento en todos los tratamientos aplicados, debido a la hidrólisis del almidón en monosacáridos que aportan mayor grado de dulzor, la cual tiene lugar durante el proceso de maduración en el tiempo de almacenamiento. Se encontró que a mayor concentración de los antioxidantes, la evolución de los sólidos solubles totales era menor. Sin embargo, con la aplicación del tratamiento de ácido cítrico al 1% (TA) se observó una mayor ralentización en el aumento de los SST al ser comparados con la muestra patrón.

La proporción de sólidos solubles en los

Tabla 3  
Resultados de las propiedades fisicoquímicas del mango precortado tratados con antioxidantes en solitario en refrigeración ( $7 \pm 2$  °C y 62 %HR)

Día	Patrón	TA	TB	TC	TD
SST (°BRIX)					
0	8.00±0.1	8.0±0.10	8.0±0.10	8.0±0.10	8.0±0.10
3	7.50±0.0	9.66±0.35	13.06±1.12	9.43±0.35	12.20±0.78
5	10.30±0.5	9.56±0.28	6.36±0.70	9.70±1.05	13.13±0.80
7	11.73±0.6	9.56±1.15	9.73±0.20	11.73±0.20	12.60±0.87
10	11.93±0.2	7.93±0.05	8.46±0.73	8.13±0.11	8.03±0.11
pH					
0	3.33±0.0	3.33±0.00	3.33±0.00	3.33±0.00	3.33±0.00
3	3.74±0.00	3.48±0.02	3.37±0.00	3.44±0.00	3.50±0.00
5	3.63±0.0	3.57±0.00	3.53±0.00	3.36±0.00	3.53±0.00
7	3.74±0.00	3.11±0.00	3.38±0.00	3.41±0.01	3.42±0.01
10	4.16±0.03	3.78±0.03	3.60±0.01	3.78±0.01	3.77±0.01
ACIDEZ TITULABLE (%)					
0	0.49±0.02	0.49±0.02 0.49±0.02	0.49±0.02	0.49±0.02	0.49±0.02
3	0.31±0.01	0.42±0.00	0.46±0.01	0.38±0.01	0.43±0.01
5	0.35±0.01	0.35±0.00	0.30±0.02	0.42±0.00	0.35±0.00
7	0.39±0.01	0.54±0.01	0.30±0.01	0.39±0.01	0.31±0.00
10	0.37±0.01	0.34±0.01	0.31±0.02	0.32±0.02	0.25±0.01

AC: ácido cítrico y AA: ácido ascórbico. n= 3.

El ácido cítrico controla por más tiempo la evolución de los SST en los cubos de mango, lo cual a su vez contribuye a una mayor acidez, logrando así una menor maduración de los cubos de mango durante el almacenamiento en refrigeración.

En las muestras tratadas con ácido ascórbico se observó una maduración más rápida de la fruta. Lo anterior también se

confirmó al aplicar los dos antioxidantes en mezcla, ya que a concentraciones más altas de ácido cítrico y bajas de ascórbico se produjo un mayor control en el aumento de los SST. Pero al mezclar los dos antioxidantes donde el ácido ascórbico era predominante, se produjo un aumento de los SST, y, por ende, una menor acidez durante el almacenamiento, resultados que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4  
Resultados de las propiedades fisicoquímicas del mango precortado tratados con antioxidantes en mezcla en refrigeración ( $7 \pm 2^\circ\text{C}$  y 62 %HR)

Día	Patrón	TE	TF	TG	TH
SST ( $^\circ\text{Brix}$ )					
0	$8.0 \pm 0.10\text{a}$				
3	$7.50 \pm 0.00$	$13.00 \pm 0.62$	$10.37 \pm 0.85$	$12.50 \pm 0.20$	$9.63 \pm 0.16$
5	$10.30 \pm 0.51$	$13.40 \pm 0.3$	$7.70 \pm 0.70$	$9.46 \pm 0.45$	$12.30 \pm 0.52$
7	$11.73 \pm 0.6$	$9.43 \pm 0.20$	$12.03 \pm 0.3$	$12.76 \pm 0.5$	$14.13 \pm 0.7$
10	$11.93 \pm 0.2$	$9.76 \pm 0.58$	$8.23 \pm 0.11$	$8.50 \pm 0.43$	$8.66 \pm 0.05$
pH					
0	$3.33 \pm 0.00\text{a}$				
3	$3.74 \pm 0.00$	$3.50 \pm 0.00$	$3.32 \pm 0.00$	$3.48 \pm 0.00$	$3.54 \pm 0.00$
5	$3.63 \pm 0.00$	$3.71 \pm 0.00$	$3.46 \pm 0.02$	$3.43 \pm 0.00$	$3.58 \pm 0.00$
7	$3.74 \pm 0.00$	$3.32 \pm 0.00$	$3.52 \pm 0.00$	$3.40 \pm 0.00$	$3.48 \pm 0.01$
10	$4.16 \pm 0.03$	$3.77 \pm 0.04$	$3.77 \pm 0.02$	$3.74 \pm 0.01$	$3.83 \pm 0.04$
ACIDEZ TITULABLE (%)					
0	$0.49 \pm 0.025$				
3	$0.31 \pm 0.01$	$0.37 \pm 0.01$	$0.47 \pm 0.01$	$0.33 \pm 0.02$	$0.42 \pm 0.01$
5	$0.35 \pm 0.01$	$0.26 \pm 0.00$	$0.37 \pm 0.01$	$0.39 \pm 0.01$	$0.36 \pm 0.02$
7	$0.39 \pm 0.01$	$0.45 \pm 0.00$	$0.30 \pm 0.01$	$0.35 \pm 0.00$	$0.34 \pm 0.00$
10	$0.37 \pm 0.01$	$0.32 \pm 0.02$	$0.34 \pm 0.01$	$0.35 \pm 0.01$	$0.34 \pm 0.00$

AC: ácido cítrico y AA: ácido ascórbico. n= 3.

Con respecto al pH en el mango, se muestra en la tabla 4 la evolución que se produce en una muestra sin tratamiento (patrón) la cual se torna, conforme avanza el tiempo de almacenamiento, menos ácido el mango ocasionado por la maduración que se promueva en este fruto, la cual es reducida la velocidad de dicha maduración por el uso de ácidos orgánicos. Se observó que el pH característico del mango es de carácter ácido, fluctuando entre 3.30 a 3.85.

Al comparar los resultados sobre las propiedades químicas, se logró identificar que el TE (ácido cítrico 1% y ácido ascórbico 0.5%) ejerce un control más eficaz sobre la conservación de los cubos de mango, ya que se tuvo un menor desarrollo de los SST, un pH predominante ácido y una acidez alta, con lo cual se podría controlar el desarrollo microbiano en la fruta durante el almacenamiento. Estadísticamente se encontraron diferencias en los SST ( $^\circ\text{Brix}$ ) con respecto al control en



los tratamientos TD, TE y TH; en cuanto al pH, todos los tratamientos, a excepción del TD, TE y TH, presentaron diferencias significativas con respecto al patrón; dichos tratamientos corresponden a los cubos de mango tratados con ácido ascórbico a concentración de 0.5 %.

Estadísticamente se encontraron diferencias significativas en los tratamientos aplicados, así como entre los días de los tratamientos ( $p < 0.05$ ). El uso de agentes antioxidantes a partir del 5 día no ayuda a la conservación de la firmeza de las muestras durante el almace-

namiento. La firmeza inicial de la muestras era adecuada al momento del corte, según Rattanapanone *et al.*; (2001) y para asegurar una buena vida en anaquel, pero las condiciones en las que se encontraban las muestras no fueron las adecuadas, provocándose una pérdida de la turgencia en los cubos de mango, que se manifestó con pérdida de firmeza.

Al aplicar los antioxidantes en mezcla tampoco se obtuvo mejoras para la conservación de la firmeza, obteniendo la misma tendencia que al aplicarlos en solitario (tabla 5).

Tabla 5  
Evolución de la firmeza del mango precortado variedad tommy atkins tratado con antioxidantes en mezcla durante 10 días de almacenamiento en refrigeración.

Día	Patrón	TE	TF	TG	TH
FIRMEZA (N)					
0			13.98±5.65		
3	1.15±0.79A	25.38±7.74a	27.78±5.73abC	30.50±6.18bD	25.87±3.33adF
5	1.51±1.00A	29.19±2.44b	27.77±4.03abC	28.63±4.30bdD	23.02±5.45aF
7	1.14±0.37A	2.64±0.75cB	2.69±0.92c	2.70±0.28cE	2.38±1.00cG
10	1.23±0.47A	1.52±0.77B	0.65±0.38c	0.71±0.51cE	0.97±0.76cG

Letras iguales no hay diferencia significativa estadísticamente. Letras mayúsculas comparan días en el tratamiento y letras minúsculas comparan tratamientos ( $p < 0.05$ ). AC: ácido cítrico y AA: ácido ascórbico. n= 3.

Estadísticamente, para los SST, se obtuvo que todos los tratamientos se diferenciaron del patrón a excepción del TB (AC 1% + AA 0,5% + Cloruro de calcio 3% + Sorbitol por 5 minutos), ya que en este fue donde se presentó el mayor valor de SST; los cubos de mango tratados con el TC (AC 1% + AA 0,5% + Cloruro de calcio 1% + Sorbitol por 10 minutos) fue el que presentó mayor diferencia con respecto a los demás tratamientos, lo cual ratifica lo analizado en los días de evolución del mismo. En cuanto al pH del mango con TD (AC 1% + AA 0,5% + Cloruro de calcio 3% + Sorbitol por 10 minutos) presentó un pH más ácido y se diferenció de los demás tratamientos; el TC fue el que presentó el

valor más alto de pH. Para la acidez no se presentaron mayores diferencias entre tratamientos, siendo el patrón y TA (AC 1% + AA 0,5% + Cloruro de calcio 1% + Sorbitol por 5 minutos) los que más se alejaron del control.

El ANOVA arrojó diferencias significativas al nivel de confianza del 95%; entre los días de un mismo tratamiento las diferencias no fueron determinantes, solo en el patrón y TA (AC 1% + AA 0,5% + Cloruro de calcio 1% + Sorbitol por 5 minutos) se encontraron diferencias en los días de análisis. Las muestras TA, TB (AC 1% + AA 0,5% + Cloruro de calcio 3% + Sorbitol por 5 minutos) y TD (AC 1% + AA 0,5% + Cloruro de calcio 3%

+ Sorbitol por 10 minutos) fueron las que mayor diferencia tuvieron con respecto al control y patrón.

Con respecto al color, hay diferencias mínimas significativas entre el tono que caracteriza al mango fresco cortado inicial y el tono presentado en el mango tratado con cloruro de calcio al 1%, es decir, este tratamiento modifica significativamente el color característico.

Tabla 6  
Resultados de promedios estadísticos del color (L, a\* y b\*) del mango precortado variedad Tommy Atkins en refrigeración

TRATAMIENTO	L	a*	b*
Control	0.00±0.00	0.00±0.00a	0.00±0.00b
Patrón	-7.81±14.08	1.65±3.44	0.58±7.04
TA	-4.10±6.07	4.57±0.92a	10.99±4.38b
TB	-0.95±17.21	1.74±3.81	4.81±7.43
TC	-2.22±5.17	1.46±4.51	3.66±12.91
TD	-4.94±8.79	3.99±2.79	7.97±5.26
p-valor	0.900	0.318	0.285

p-valor ≤ 0.05 existen diferencias significativas al 95% de significancia. Letras iguales existen diferencias estadísticamente significativas.

## CONCLUSIONES

El ácido cítrico y ascórbico al 1 y 0.5%, en mezcla con cloruro de calcio a 1% y sorbitol en la misma proporción de los sólidos solubles totales, aplicados por inmersión o impregnación al vacío por tiempo de 10

minutos, asegura la conservación de las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de la fruta por 7 días en almacenamiento a la temperatura de 7°C.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahvenainen, R. (1996). Ready to use vegetables a new product, a new challenge. En: Vortragsband of Flair-Flow Workshop der gesundheitliche Wert des Gemusekonsums. 47-61.
- Ahvenainen R and Hurme E. (1994). Minimal processing of vegetables. In *Minimal Processing of Foods*, eds Ahvenainen R, Mattila-Sandholm T and Ohlsson T. VTT Symposium 142. VTT, Espoo. Finland. 17-35.
- Allong, R., L.D. Wickham and M. Mohammed. (2000). The effect of cultivar, fruit ripeness, storage temperature and duration on quality of fresh-cut mango. *Acta Hort.* 509:487-494.
- Alzamora S.M. (1997). Preservación I. Alimentos conservados por factores combinados. En: *Temas en Tecnología de Alimentos*. Ed. JM Aguilera. México, D.F., CYTED, IPN, Vol.1
- Chantanawarangoon, S. (2000). Quality maintenance of fresh-cut mango cubes. M.S. thesis in Food Science, University of California at Davis, p. 72.
- Dea, S., J.K.Brecht, M.C.N. Nunes, y E.A. Baldwin. (2008). Quality of fresh-cut 'Kent' mango slices prepared from hot-water or nonhot-water-treated fruit. *Hort-Science* 43:1210 (abstract).
- Desouza, B.S., J.F. Durigan, J.R. Donadon, G.H.A. Teixeira, y M.F.B. Durigan. (2005). Respiratory and storage behavior of fresh cut 'Tommy Atkins' mango. *Acta Hort.* 682: 1909-1915.
- Donadon, J.R. and J. F. Durigan. (2004). Production and preservation of fresh-cut 'Tommy Atkins' mango chunks. *Acta Hort.* 645:257-260.
- Gil, M.I., E. Aguayo, y A.A. Kader. (2006). Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *J.Agric.Food Chem.* 54:4284-4296.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., J. Celis, R.R. Sotelo-Mundo, L.A. de la Rosa, J. Rodrigo-Garcia, and E. Alveraz-Parrilla. (2008). Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5 C. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43. p 91-101.

- Laurila E., Kervinen R. Y Ahvenainen R. (1998). The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. Review article. Postharvest News and Information. 9 (4), 53N-66N. (EU-FAIR CT96-1104).
- Leistner L. (2000). Hurdle Technology in the Design of Minimally Processed Foods. En: Minimally Processed Fruits and Vegetables. Fundamentals and Applications. Eds. S.M Alzamora, A López-Malo y M.S Tapia. Gaithersburg, Maryland, An Aspen Publication.
- Limbanyen, A., J.K. BRECHT, S.A. SARGENT, AND J.A. BARTZ. (1998). fresh-cut mango fruit slices. HortScience 33:457 (abstract).
- Ngarmsak, M., T. Ngarmsak, B. Ooraikul, P.J. Delaquis, P.M. Toivonen, and G. Mazza. (2005). Effect of sanitation treatments with heated, chlorinated water on the microbiology of fresh-cut Thai mangoes. Acta Hort. 682:1895-1899.
- Trujillo Y, Arroqui C y Virseda P. (2005). Mejora de la calidad y la vida útil de papas refrigeradas mínimamente procesadas mediante el empleo de agentes conservantes. Alimentech. Vol. 2 N° 2. Pág 1-7.
- Trindade, P., M.L. Beiraro-DA-Costa, M. Moldao-Martins, M. A , E.M. Guncalves, y S. Beiraro-DA-Costa. (2003). The effect of heat treatments and calcium chloride applications on quality of fresh-cut mango. Acta Hort. 599:603-609.